

инновационных технологий. – 2012. – № 5. [Электронный ресурс]. Режим доступа :<http://ekonomika.snauka.ru/2012/05/> (дата обращения 15.04.2016).

3. Выполнима ли зеленая экономика в Казахстане? 08 апреля 2014 г. // Новости экономики. [Электронный ресурс]. Режим доступа : <https://i-news.kz> (дата обращения 15.4.2016).

4. Инициатива энергоэффективности в Казахстане. Семинар-круглый стол «Казахстанская инициатива по энергоэффективности», Астана, 20 февраля, 2015 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа :<http://www.kazee.kz> (дата обращения 15.04.2016).

5. Концепция по переходу Республики Казахстан к «зеленой экономике». [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://strategy2050.kz> (дата обращения 15.04.2016).

6. Концепция развития топливно-энергетического комплекса Республики Казахстан до 2030 года, утвержденная постановлением Правительства РК от 28.06.2014 г. № 724.

7. Обзор государственной политики Республики Казахстан в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, Брюссель, 2014.

8. Проблемы и перспективы использования альтернативных источников в Российской Федерации. [Электронный ресурс]. Режим доступа : [sntbut.bmstu.ru.file.out](http://sntbut.bmstu.ru/file.out) (дата обращения 15.04.2016).

9. Программа «Энергосбережение – 2020». [Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://astana.gosexpertiza.kz> (дата обращения 15.04.2016).

М. А. Безматерных, И. С. Селезнева,
Уральский Федеральный университет, Екатеринбург, Россия

ИННОВАЦИОННЫЕ ПРИРОДООХРАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ БИОТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ПРОИЗВОДСТВА АМИНОКИСЛОТ

Low quality animal feed and increase their cost is one of the reasons for the decline of livestock production in Russia. Introduction to feed the essential amino acids will increase their protein value. The paper discusses ways to solve the problem of increasing the feed nutritional value. The work is

dedicated to the development of efficient, environmentally friendly biotechnological method for producing L-lysine feed.

В последнее время в Российской Федерации сократилось производство продукции животноводства, как следствие этого возрос импорт мясопродуктов. Одной из причин уменьшения производства является ухудшение качества кормов для животных и повышение их стоимости. На сегодняшний день на рынке кормового белка преобладает импортный продукт.

Одним из путей решения задачи повышения белковой ценности кормов и их качества является введение в корм незаменимых аминокислот, при этом в первую очередь следует устранять дефицит аминокислоты, находящейся в относительном минимуме, затем следующей и далее. Для животноводства такими аминокислотами являются *L*-лизин, *L*-метионин, *L*-триптофан и *L*-треонин [1]. Именно от содержания дефицитных аминокислот в кормах зависит привес у скота. Так, по данным ветеринаров при добавлении в корм для свиней суточной нормы *L*-лизина (у свиноматок это составляет 0,5–1 %, а у подсвинок – 1,5–2,5 %) привес увеличивается на 10–30 %.

L-лизин является наиболее важной аминокислотой для свиноводства, поскольку не синтезируется в организме животного и находится в дефиците. Обычно этот дефицит устраняют внесением в корма, так называемых, белковых добавок, богатых *L*-лизином, а именно, рыбная мука, мясокостная мука, соевый и пшеничный шрот, гидролизат дрожжей и кормовые дрожжи. Однако более эффективным будет организация производства кормового *L*-лизина и добавление его в корм животных.

В настоящее время мировое производство *L*-лизина в форме, пригодной для потребления, составляет около 600 тыс. т в год и представляет собой рынок с ежегодным оборотом до 1,4 миллиарда долларов. Среди ведущих компаний на мировом рынке *L*-лизина бесспорное первенство принадлежит японской Ajinomoto Co. и американской Archer Daniels&Midlands (ADM), контролирующим по 40 % мирового производства каждая. Другими заметными фигурами на рынке являются Degussa-Huels (Германия), BASF (Германия),

Kyowa Hokko (Япония) и Cheil Jedang Corporation (Южная Корея). Географическое расположение мощностей по производству лизина в мире чаще всего привязано к регионам его потребления. Так, на Северную Америку и Азию приходится до 3/4 оборотного продукта. В связи с этим представляет интерес разработка и внедрение эффективных, экологически чистых биотехнологических методов получения кормового *L*-лизина. Настоящее исследование и посвящено решению этой задачи.

Современные методы органического синтеза позволяют получать рацемические смеси *D*- и *L*-аминокислот в требуемых количествах. Однако, для применения аминокислот в пищевой, фармацевтической промышленности и в сельском хозяйстве необходимы в основном физиологически активные *L*-формы, учитывая бесполезность, а в некоторых случаях и токсичность *D*-изомеров. Основными промышленными способами получения *L*-лизина являются химико-ферментативный и микробиологический способы [2, 3].

С помощью химико-ферментативного способа можно добиться 95 %-го выхода продукта с концентрацией 200 г/л оптически чистого лизина. Технология процесса включает в себя органический синтез *D*-, *L*-аминокапролактама из циклогексана, с его последующим ферментативным гидролизом. Данный метод не сможет обеспечить достаточной производственной мощности, кроме того дополнительный процесс производства необходимых ферментов – гидролаз и рацемаз – потребует дополнительного оборудования и дополнительных материальных и энергетических затрат. Поэтому при разработке метода производства кормового *L*-лизина нами было отдано предпочтение микробиологическому способу с использованием ауксотрофного мутанта штамма *Corynebacterium glutamicum*. Основным источником углерода питательной среды для культивирования микроорганизмов-продуцентов выбрана пшеница (*Triticum*), которая является одной из основных высокоурожайных сельскохозяйственных культур России.

Биотехнологический процесс получения *L*-лизина микробиологическим

путем включает в себя три основные стадии: предферментационную, ферментационную и постферментационную. На предферментационной стадии осуществляют хранение и подготовку культуры продуцента, получение и подготовку питательных субстратов и сред, ферментационной аппаратуры, технологической и рециркулируемой воды и воздуха. Основной стадией в микробиологическом синтезе *L*-лизина является стадия ферментации. Ферментацию *L*-лизина проводят периодическим способом в стандартных ферментаторах. В процессе ферментации культуральная жидкость непрерывно продувается стерильным воздухом и, как следствие, образуется большое количество отработанного воздуха. Относительная влажность воздуха, выходящего из ферментатора близка к 100 %, кроме того он содержит культуральную жидкость в виде мелких брызг, клетки продуцента, капли питательной среды и неприятно пахнущие вещества (НПВ).

Таким образом, отводимый воздух необходимо очистить перед выбросом в атмосферу. Для этой цели предусмотрен парный автоматический комплекс для биологической очистки отработанного воздуха, который состоит из двух параллельно соединенных фильтров бактериальной очистки, снаряженных фильтрующими элементами из металлокерамики и двухэлементным влагоотделителем-каплеотбойником. Фильтры работают и регенерируются попеременно, что обеспечивает непрерывность фильтрации. Степень обезвреживания воздуха 90,0–98,5 %.

Постферментационными стадиями являются кислотная коагуляция культуральной жидкости *L*-лизина серной кислотой, сорбция на сульфокатионите, упаривание обработанной культуральной жидкости, кристаллизация сульфата *L*-лизина, сушка и грануляция.

После процесса подкисления проводят концентрирование раствора на выпарных установках до 40–60 %. Концентрирование эффективнее проводить в выпарном аппарате с поднимающейся пленкой. Этот аппарат позволяет достичь необходимой производительности при непрерывном производстве, может использоваться для термолабильных веществ. На данной стадии целесообразно

применить многокорпусную выпарную установку с противоточным питанием. Именно при такой конструкции достигается максимальная концентрация сульфата лизина при энергетически оптимальных условиях. На выходе получается концентрат с содержанием сухого вещества 55 %. Высокая степень упаривания позволяет направлять концентрат на сушку, минуя стадию кристаллизации. Производительность такой установки синхронизирована с производительностью сушилки и на выходе получается около 4 тонн готового продукта в час. Таким образом, будет обеспечено непрерывное выделение сульфата лизина и придание ему товарного вида [3]. Для сушки предлагается комплексная сушилка, производящая высушивание, гранулирование, охлаждение и разделение гранул непрерывно, с высокой производительностью и характеризуется полным отсутствием отходов. Готовым продуктом является кормовой экологически чистый сульфат *L*-лизина.

Таким образом, в результате исследования разработан эффективный, экономически выгодный, и экологически чистый способ промышленного получения лизина.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фаустов, А. С. Лизин – одна из важнейших незаменимых аминокислот в обеспечении полноценного питания / А. С. Фаустов, М. И. Чубирко, О. В. Бобрешова. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 87 с.
2. Неверова, О. А. Пищевая биотехнология продуктов из сырья растительного происхождения / О. А. Неверова – Новосибирск: Сиб. университет, 2007. – 415 с.
3. Иванова, Л. А. Пищевая биотехнология. Кн. 2. Переработка растительного сырья. – Москва: Колосс, 2008. – 472 с.